

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 06-167708  
(43) Date of publication of application : 14.06.1994

---

(51) Int. Cl. G02F 1/1335

---

(21) Application number : 05-217701 (71) Applicant : SHARP CORP  
(22) Date of filing : 01.09.1993 (72) Inventor : NAKAMURA KOZO  
MITSUI SEIICHI  
KIMURA TADASHI  
OKADA MASAKO

---

(30) Priority

Priority 04261310 Priority 30.09.1992 Priority JP  
number : date : country :

---

## (54) REFLECTION TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

### (57) Abstract:

PURPOSE: To eliminate parallax and to provide high fineness, high contrast and high display grade, low dependency of a contrast on visual angles and lowered driving voltage.

CONSTITUTION: The delay phase axis of a substrate 14 having an optical phase compensation function and the direction of the director of the liquid crystal molecules of a liquid crystal display cell are held in a nearly orthogonal state. The value of  $\Delta n_{d1} - \Delta n_{d2}$  is changed by the electric field impressed to a liquid crystal layer 13 in such a manner that a light shielding state is attained when the retardation  $\Delta n_{d1}$  of the liquid crystal cell, the retardation  $\Delta n_{d2}$  of the substrate 14 having the optical phase compensation function and the wavelength  $\lambda$  of incident light 28 satisfy  $\Delta n_{d1} - \Delta n_{d2} / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1$  ( $m = 0, 1, 2$ ) and that a light transmission state is attained when  $\Delta n_{d1} - \Delta n_{d2} / \lambda = m' / 2 \pm 0.1$  ( $m' = 0, 1, 2$ ) is satisfied. The display is made by using the two states of the light shielding state and the light transmission state. The absorption axis or transmission axis of the polarizer is set at 30 to 60° with the

director directions of the liquid crystal molecules of the liquid crystal cell.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2892913

[Date of registration] 26.02.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

#### CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] the penetrable insulating substrate which whose liquid crystal layer was pinched in between and formed the transparent electrode at least -- and The liquid crystal cell which comes to carry out opposite arrangement of the reflecting plate with which the thin film which has the irregularity which changes smoothly on the surface of one side and continuously, and has a light reflex function on this front face was formed, In the reflective mold liquid crystal display equipped with the polarizer arranged at the incidence side of the light of this liquid crystal cell, and the substrate which has the optical phase compensation function arranged between this polarizer and this liquid crystal cell So that the lagging axis of a substrate which has this optical phase compensation function, and the direction of the director of the liquid crystal molecule contiguous to this penetrable substrate may cross at

right angles mostly And it is set up so that the absorption shaft of this polarizer or a transparency shaft, and the angle phi to make may become 30 degrees - 60 degrees. The wavelength lambda of 2 and incident light is  $|\delta\text{tan1d1}-\delta\text{tan2d2}|/\lambda = 0.25+m / 2**0.1$  (1 m= 0, 2)  $\delta\text{tan2d}$  of retardation of a substrate which has 1 and this optical phase compensation function  $\delta\text{tan1d}$  of retardation of this liquid crystal cell. -- (1)

It will be in a protection-from-light condition at the time of \*\*\*\*\*\*, and is  $|\delta\text{tan1d1}-\delta\text{tan2d2}|/\lambda = m' / 2**0.1$  (1 m'=0, 2). -- (2) the value of  $|\delta\text{tan1d1}-\delta\text{tan2d2}|/\lambda$  is changed with the electric fields impressed to this liquid crystal layer so that it may be in a light transmission condition at the time of \*\*\*\*\* -- making -- this - - the reflective mold liquid crystal display which displays using two conditions.

[Claim 2] The reflective mold liquid crystal display according to claim 1 set as the range whose 1 is  $200 \text{ nm} < \delta\text{tan1d1} < 750 \text{ nm}$   $\delta\text{tan1d}$  of retardation of said liquid crystal cell.

[Claim 3]  $\delta\text{tan2d}$  of retardation of a substrate which has 1 and an optical phase compensation function  $\delta\text{tan1d}$  of retardation of said liquid crystal cell 2 When filling said one formula to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V1 ( $V1 >= 0$ ) impression, it will be in a protection-from-light condition. [ when filling said two formulas to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V2 ( $V2 > V1$ ) impression and it will be in a light transmission condition ] Magnitude ( $\delta\text{tanlambda}$ ) F of the wavelength dispersion of a substrate and magnitude ( $\delta\text{tanlambda}$ ) LC of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell which have said optical phase compensation function The reflective mold liquid crystal display according to claim 1 or 2 which serves as  $F(\delta\text{tanlambda}) > (\delta\text{tanlambda}) \text{ LC}$  when satisfied with this protection-from-light condition of  $\delta\text{tan1d1} > \delta\text{tan2d}$  of conditions of 2, and serves as  $F(\delta\text{tanlambda}) < (\delta\text{tanlambda}) \text{ LC}$  when satisfied with this protection-from-light condition of  $\delta\text{tan1d1} < \delta\text{tan2d}$  of conditions of 2.

[Claim 4]  $\delta\text{tan2d}$  of retardation of a substrate which has 1 and an optical phase compensation function  $\delta\text{tan1d}$  of retardation of said liquid crystal cell 2 When filling said two formulas to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V1 ( $V1 >= 0$ ) impression, it will be in a light transmission condition. [ when filling said one formula to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V2

(V2> V1) impression and it will be in a protection-from-light condition ] Magnitude ( $\delta\lambda$ ) F of the wavelength dispersion of a substrate and magnitude ( $\delta\lambda$ ) LC of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell which have said optical phase compensation function The reflective mold liquid crystal display according to claim 1 or 2 which serves as  $F(\delta\lambda) > (\delta\lambda) LC$  when satisfied with this protection-from-light condition of  $\delta\lambda_1 > \delta\lambda_2$  of conditions of 2, and serves as  $F(\delta\lambda) < (\delta\lambda) LC$  when satisfied with this protection-from-light condition of  $\delta\lambda_1 < \delta\lambda_2$  of conditions of 2.

[Claim 5] The reflective mold liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, or 4 with which the thin film which has said light reflex function is prepared in the liquid crystal layer side front face of said reflecting plate.

[Claim 6] The reflective mold liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 on which the thin film which has said light reflex function functions as an electrode which counters the transparent electrode formed on said penetrable substrate.

[Claim 7] The reflective mold liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, 4, 5, or 6 with which a transparent flattening layer is prepared on the thin film which has said light reflex function that irregularity should be absorbed, and the transparent electrode which functions as an electrode which counters the transparent electrode formed on said penetrable substrate is formed on this flattening layer.

[Claim 8] The reflective mold liquid crystal display according to claim 1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7 with which the color filter layer is formed on said penetrable substrate or the transparent electrode.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is used for office automation (OA) devices, such as a word processor and a notebook sized personal computer, various visual equipments, a game device, etc., and relates to the reflective mold liquid crystal display of a configuration of not using an accepting-reality-type back light.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, application of the liquid crystal display to visual equipments, such as pocket mold television called OA equipment, such as a word processor and a laptop type personal computer, or pocket television, etc. is extending quickly. Since the back light used as the light source is unnecessary, low-powerizing, thin-shape-izing, and lightweight-izing are possible for the reflective mold liquid crystal display which displays from the outside also in these liquid crystal displays by reflecting the light which carried out incidence, and it attracts attention especially.

[0003] Conventionally, TN (Twisted Nematic) method and the STN (super twisted nematic) method are used for the above-mentioned reflective mold liquid crystal display.

[0004] Between the polarizing plates of a lot, the above-mentioned TN method arranges the liquid crystal cell which consists of a glass substrate of a pair, a transparent electrode formed in each glass substrate front face, and a liquid crystal layer enclosed among both glass substrates, and performs a monochrome (black and white) display using the optical property of this liquid crystal cell, i.e., the rotatory-polarization property at the time of no electrical-potential-difference impressing, and the rotatory-polarization dissolution property at the time of electrical-potential-difference impression. In performing color display, a back light is carried in the tooth back of a liquid crystal display, and it adopts the configuration which prepares the color filter for every color, such as red, blue, and green, in a liquid crystal cell further. And the full color display in which the color display of arbitration is possible is realized by the multicolor display which performs color display of a few color comparatively, or the basic target by carrying out additive color mixture using the optical switching characteristic of the liquid crystal cell corresponding to the time of /impression at the time of no impressing [ of the electrical potential difference of a liquid crystal cell ].

[0005] As a drive method of the reflective mold liquid crystal display of the above-mentioned TN method, an active-matrix drive method and a passive-matrix drive method are used, and it is adopted as indicating equipments, such as the so-called pocket liquid crystal television.

[0006] On the other hand as means of displaying currently widely used as a display for OA equipment, such as a word processor, it has a liquid crystal display principle similar to the above-mentioned TN method, and the STN method which sets the twist angle of a liquid crystal molecule as 180 degrees - 270 degrees is held.

[0007] This STN method increases the twist angle of a liquid crystal

molecule at 90 degrees or more, and makes the setting include angle of the transparency shaft of the polarizing plate to the elliptically polarized light produced according to the birefringence effectiveness of a liquid crystal cell have optimized. Therefore, the rapid molecular orientation deformation accompanying electrical-potential-difference impression can be made to reflect in birefringence-ization of liquid crystal, and the electro-optics property which presents a steep optical change above a threshold can be realized. Therefore, it is suitable for a simple matrix drive method.

[0008] As demerit of this STN method, it is that coloring of yellowish green or navy blue arises as a background color of a display by the birefringence of liquid crystal. In order to improve this coloring phenomenon, the liquid crystal display which laid the phase contrast plate formed with macromolecules, such as a liquid crystal cell for optical compensation or a polycarbonate, on top of the STN liquid crystal cell for a display is proposed. Color compensation is performed and this enables it to realize the display near monochrome display. The liquid crystal cell of a configuration of performing current and such coloring compensation is used as the so-called paper White mold liquid crystal display.

[0009] The detailed principle of operation of the above-mentioned TN method and a STN method is a volume for Japanology way promotion \*\*\* 142 committees "a liquid crystal device handbook". 1989 It is indicated by P. 329-346 and is a well-known technique.

[0010] If it is going to realize the liquid crystal display of the above-mentioned TN method or a STN method as a reflective mold liquid crystal display, it is necessary to make it the structure whose liquid crystal cell is pinched with the polarizer of a pair on the principle of means of displaying, and to arrange a reflecting plate on the outside. For this reason, parallax arose with the include angle with the direction where a user regards a liquid crystal cell as the include angle of a normal as which a user regards a glass substrate, i.e., the direction of a glass substrate, with the thickness of the glass substrate used for a liquid crystal cell to make, and there was a fault that a display was recognized by the duplex.

[0011] Moreover, when the conventional TN method, a STN method, etc. control the birefringence of liquid crystal by electric field, the polarizing plate of the liquid crystal display which displays using optical shutter ability is made into one sheet and it applies to a reflective mold liquid crystal display as it is, a monochrome display with contrast cannot be realized on the principle.

[0012] Therefore, the liquid crystal display of a reflective mold TN (45-degree twist mold) method using one polarizing plate and quarter-wave length plate is indicated by JP, 55-48733, A. Using the distorted liquid crystal layer, by controlling the electric field impressed, 45 degrees of two conditions with a distorted condition are realized for the plane of polarization of the incidence linearly polarized light with a condition parallel to the optical axis of a quarter-wave length plate, and 45 degrees of monochrome displays are performed in this advanced technology. The configuration of this liquid crystal cell serves as the polarizer, 45-degree twist liquid crystal cell, a quarter-wave length plate, and a reflecting plate from the incident light side. Furthermore, the liquid crystal display of a reflective mold perpendicular orientation method which combined one polarizing plate, quarter-wave length plate, and a perpendicular orientation liquid crystal cell is indicated by USP4, 701, 028 (Clerc et al.). Moreover, these people have applied about the reflective mold parallel orientation method which combined one polarizing plate, the parallel orientation liquid crystal cell, and the phase contrast plate.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the liquid crystal display indicated by above-mentioned JP, 55-48733, A, since it is necessary to form a quarter-wave length plate between a liquid crystal layer and a reflecting plate, the reflective film cannot be formed inside a liquid crystal cell on a principle. Moreover, since the basic principle of this liquid crystal display is the same as TN method, the steepness of an electro-optics property of it is the same as that of TN. Therefore, contrast is low and there is a fault that the steepness of an electro-optics property is low.

[0014] There are the following problems in the liquid crystal display of the perpendicular orientation method indicated by the above USP4, 701, 028.

[0015] \*\* Since a configuration becomes complicated in order control is very difficult and to realize such control, it has not turned [ orientation / perpendicular orientation, especially / inclination perpendicular ] to mass production.

[0016] \*\* Perpendicular orientation has weak orientation restraining force, and its speed of response is slow.

[0017] \*\* When perpendicular orientation is used, dynamic scattering may occur at the time of a drive, and it is unreliable.

[0018] By the above-mentioned reflective mold parallel orientation method, if the installation include angle of the director of a polarizing plate, a phase contrast plate, and a liquid crystal molecule

is not fitness, a display property will worsen. Moreover, coloring arises for the wavelength dispersion of a liquid crystal cell and a phase contrast plate. Furthermore, if a reflecting plate is installed in a liquid crystal layer side as it is, the steepness of an electro-optics property will worsen for the irregularity of a reflecting plate.

[0019] This invention is made in order to solve the above-mentioned conventional trouble, it does not have parallax, and display grace is high by the high definition and quantity contrast, the viewing-angle dependency of contrast is still smaller, and it aims at driver voltage offering a low reflective mold liquid crystal display.

[0020]

[Means for Solving the Problem] the penetrable insulating substrate which the liquid crystal layer of the reflective mold liquid crystal display of this invention was pinched in between, and formed the transparent electrode at least -- and The liquid crystal cell which comes to carry out opposite arrangement of the reflecting plate with which the thin film which has the irregularity which changes smoothly on the surface of one side and continuously, and has a light reflex function on this front face was formed, In the reflective mold liquid crystal display equipped with the polarizer arranged at the incidence side of the light of this liquid crystal cell, and the substrate which has the optical phase compensation function arranged between this polarizer and this liquid crystal cell So that the lagging axis of a substrate which has this optical phase compensation function, and the direction of the director of the liquid crystal molecule contiguous to this penetrable substrate may cross at right angles mostly And it is set up so that the absorption shaft of this polarizer or a transparency shaft, and the angle phi to make may become 30 degrees - 60 degrees. The wavelength lambda of 2 and incident light is  $|\delta\text{tan}1d1 - \delta\text{tan}2d2| / \lambda = 0.25 + m / 2 * 0.1$  (1  $m=0, 2$ )  $\delta\text{tan}2d$  of retardation of a substrate which has 1 and this optical phase compensation function  $\delta\text{tan}1d$  of retardation of this liquid crystal cell. -- (1)  
It will be in a protection-from-light condition at the time of \*\*\*\*\*\*, and is  $|\delta\text{tan}1d1 - \delta\text{tan}2d2| / \lambda = m' / 2 * 0.1$  (1  $m'=0, 2$ ). -- (2) the value of  $|\delta\text{tan}1d1 - \delta\text{tan}2d2| / \lambda$  is changed with the electric fields impressed to this liquid crystal layer so that it may be in a light transmission condition at the time of \*\*\*\*\* -- making -- this -- since it displays using two conditions, the above-mentioned purpose is attained by that.

[0021] In this reflective mold liquid crystal display, it is good also as a configuration which opposite arrangement of said penetrable

substrate and said reflective substrate is carried out so that the orientation of said liquid crystal layer may turn into parallel orientation, and is set as the range whose 1 is 200 nm<delta n1d1<750nm deltanld of retardation of said liquid crystal cell.

[0022] deltan2d of retardation of a substrate which has 1 and an optical phase compensation function deltanld of retardation of said liquid crystal cell moreover, 2 When filling said one formula to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V1 ( $V1 \geq 0$ ) impression, it will be in a protection-from-light condition. [ when filling said two formulas to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V2 ( $V2 > V1$ ) impression and it will be in a light transmission condition ] Magnitude (deltanlambda) F of the wavelength dispersion of a substrate and magnitude (deltanlambda) LC of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell which have said optical phase compensation function When satisfied with this protection-from-light condition of deltanld 1> deltan2d of conditions of 2, it is set to F(deltanlambda) >(deltanlambda) LC, and when satisfied with this protection-from-light condition of deltanld 1< deltan2d of conditions of 2, you may set up so that it may be set to F(deltanlambda) <(deltanlambda) LC.

[0023] deltan2d of retardation of a substrate which has 1 and an optical phase compensation function deltanld of retardation of said liquid crystal cell moreover, 2 When filling said two formulas to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V1 ( $V1 \geq 0$ ) impression, it will be in a light transmission condition. [ when filling said one formula to the wavelength lambda in the range of 400-700nm at the time of electrical-potential-difference V2 ( $V2 > V1$ ) impression and it will be in a protection-from-light condition ] Magnitude (deltanlambda) F of the wavelength dispersion of a substrate and magnitude (deltanlambda) LC of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell which have said optical phase compensation function When satisfied with this protection-from-light condition of deltanld 1> deltan2d of conditions of 2, it is set to F(deltanlambda) >(deltanlambda) LC, and when satisfied with this protection-from-light condition of deltanld 1< deltan2d of conditions of 2, you may set up so that it may be set to F(deltanlambda) <(deltanlambda) LC.

[0024] Moreover, the thin film which has said light reflex function is good also as a configuration prepared in the liquid crystal layer side front face of said reflecting plate. Moreover, it is good also as a configuration as which the thin film which has said light reflex

function functions as an electrode which counters the transparent electrode formed on said penetrable substrate.

[0025] Furthermore, it is good also as a configuration in which a transparent flattening layer is prepared on the thin film which has said light reflex function that irregularity should be absorbed, and the transparent electrode which functions as an electrode which counters the transparent electrode formed on said penetrable substrate is formed on this flattening layer.

[0026] Moreover, it is good also as a configuration in which the color filter layer is formed on said penetrable substrate or the transparent electrode.

[0027]

[Function] Hereafter, the display principle of the reflective mold liquid crystal display of this invention is explained.

[0028] On both sides of a liquid crystal layer, opposite arrangement of a penetrable substrate and the reflecting plate is carried out in between, a liquid crystal cell is constituted, a polarizer is arranged at the incidence side of the light of a liquid crystal cell, and, as for the reflective mold liquid crystal display of this invention, the phase compensating plate is arranged at least for optics between the polarizer and the liquid crystal cell.

[0029] After at least a polarizer and optics pass a phase compensating plate and a liquid crystal layer, and reach a reflecting plate and the incident light to this reflective mold liquid crystal display reflects them with this reflecting plate, it passes and carries out outgoing radiation only of a liquid crystal layer and the optics for a phase compensating plate and a polarizer again. Under the present circumstances, the linearly polarized light acquired from a polarizer by carrying out outgoing radiation turns into elliptically polarized light, after at least optics passes a phase compensating plate and the liquid crystal layer 13. The phase contrast delta of the elliptically polarized light at this time is expressed like the following three formulas.

[0030]

$$\delta = (2 \pi / \lambda) (\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2) \quad (3)$$

here —  $\lambda$  — wavelength and  $\Delta n_1 d_1$  — the retardation of a liquid crystal layer, and  $\Delta n_2 d_2$  — at least as for optics, the retardation of a phase compensating plate, and  $\Delta n_1$  and  $\Delta n_2$  show  $d_1$ , and, as for the optical anisotropy (rate of a birefringence) of a phase compensating plate and  $d_2$ , at least a liquid crystal layer and optics show [ a liquid crystal layer and optics ] the thickness of a phase compensating plate, respectively.

[0031] Incident light is shaded when the value of delta of the three above-mentioned formula is set to the so-called quarter-wave length conditions and 3/4-wave conditions. Generally the above-mentioned conditions are.  $|\delta_{tan1d1} - \delta_{tan2d2}|/\lambda = 0.25 + m/2$  (1  $m = 0, 2$ ) -- (4) Since it is expressed as \*\*\*\*\*<sup>\*</sup>, incident light is shaded by setting up the value of delta of the three above-mentioned formula so that the four above-mentioned formula may be satisfied.

[0032] It becomes the clockwise circular polarization of light, it is reflected with a reflecting plate, and the linearly polarized light from the polarizer which carried out incidence only of the optics to the phase compensating plate turns into the counterclockwise circular polarization of light, when at least the optics in which the four above-mentioned formula was satisfied passes a phase compensating plate and a liquid crystal layer. On the other hand, when passing a liquid crystal layer and having become the counterclockwise circular polarization of light, it is reflected with a reflecting plate and becomes the clockwise circular polarization of light.

[0033] When at least a liquid crystal layer and optics pass a phase compensating plate again, the reflected light from a reflecting plate turns into the linearly polarized light which intersects perpendicularly with the linearly polarized light after passing a polarizer at the time of incidence, and is shaded with a polarizer.

[0034] Moreover,  $\lambda = m' [ |\delta_{tan1d1} - \delta_{tan2d2}| / ] / 2$  (1  $m' = 0, 2$ ) -- (5)

When \*\*\*\*\*<sup>\*</sup> is satisfied, the linearly polarized light from the polarizer which carried out incidence only of the optics to the phase compensating plate continues being the linearly polarized light with the parallel polarization direction, also after at least optics passes a phase compensating plate and a liquid crystal layer. Therefore, after being reflected with the reflecting plate, or also after the reflected light passes a phase compensating plate again at least in a liquid crystal layer and optics, the polarization direction continues being the parallel linearly polarized light. Therefore, outgoing radiation light passes a polarizer.

[0035] It can display using two conditions, these protection-from-light condition and a light transmission condition.

[0036] If it is the range with which the above-mentioned protection-from-light condition and a light transmission condition not only satisfying the conditions of the four above-mentioned formula and five formulas but a protection-from-light condition is satisfied with of the following one formula, and a light transmission condition is satisfied

of the following two formulas, it will be satisfactory practical.

[0037]  $|\delta\text{tan1d1} - \delta\text{tan2d2}|/\lambda = 0.25 + m/2 * 0.1$  ( $1 \leq m \leq 2$ ) -- (1)  
 $|\delta\text{tan1d1} - \delta\text{tan2d2}| / \lambda = m' / 2 * 0.1$  ( $1 \leq m' \leq 2$ ) -- (2) In the liquid crystal display of such a display principle When a light reflex plate does not hold polarizability, conversion to the counterclockwise circular polarization of light of right-handed rotation which was mentioned above from the circular polarization of light, or this reverse conversion is no longer performed efficiently, and contrast falls.

[0038] Although there is a specular reflection plate flat as a reflecting plate for holding polarizability, since an external body is reflected as it is, as for this, a display becomes hard to see. In order to prevent this, these people can use what has already carried out patent application as a reflecting plate producing method. This applies a photopolymer to a substrate, patternizes this, and after it heat-treats further and makes heights a smooth configuration, it forms a reflector on it. According to this approach, since heights can be formed smoothly, there are few multiple echoes and they can consider as the bright reflector which held polarization mostly. By using such a reflecting plate, the reflecting plate which has the holdout and diffusibility of polarizability of light can be obtained.

[0039] [ when it is in a light transmission condition at the time of protection-from-light condition and electrical-potential-difference  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) impression at the time of electrical-potential-difference  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) impression ] The four above-mentioned formula can be filled in a wide range wavelength field in the state of protection from light in the state of protection from light by [  $\delta\text{tan1d1}$  ] setting  $1 < \delta\text{tan2d2}$  to  $F < (\delta\text{tan1lambda})$  LC at the time  $(\delta\text{tan1lambda})$  of 2 by setting  $\delta\text{tan1d1} > \delta\text{tan2d2}$  to  $F > (\delta\text{tan1lambda})$  LC at the time  $(\delta\text{tan1lambda})$  of 2.

[0040] Similarly [ when it is in a protection-from-light condition ] at the time of light transmission condition and electrical-potential-difference  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) impression at the time of electrical-potential-difference  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) impression The four above-mentioned formula can be filled in a wide range wavelength field in the state of protection from light in the state of protection from light by [  $\delta\text{tan1d1}$  ] setting  $1 < \delta\text{tan2d2}$  to  $F < (\delta\text{tan1lambda})$  LC at the time  $(\delta\text{tan1lambda})$  of 2 by setting  $\delta\text{tan1d1} > \delta\text{tan2d2}$  to  $F > (\delta\text{tan1lambda})$  LC at the time  $(\delta\text{tan1lambda})$  of 2.

[0041] That is, wavelength dispersion with smaller retardation is made larger than the wavelength dispersion of another side in the state of protection from light. By this, the wavelength dispersion of the liquid

crystal cell in a protection-from-light condition and the substrate which has an optical phase compensation function negates each other, and the good display of high contrast can be obtained.

[0042] The direction of the director of the liquid crystal molecule contained in the above-mentioned liquid crystal layer is set up so that at least the lagging axis of a phase compensating plate and optics may cross at right angles mostly, and so that the absorption shaft of a polarizer or a transparency shaft, and the angle phi to make may become 30 degrees - 60 degrees. Although the time of phi being 45 degrees becomes max, if the contrast of a liquid crystal display is the above-mentioned setup, it will be satisfactory practical. When opposite arrangement of the above-mentioned penetrable substrate and the reflecting plate is carried out so that a liquid crystal layer may serve as parallel orientation, compared with the case where it is made to become perpendicular orientation, orientation control is easy, a speed of response is quick, and dependability can be made high.

[0043] deltanld of retardation of the above-mentioned liquid crystal cell, by being referred to as  $200 \text{ nm} < \delta n d_1 < 750 \text{ nm}$ , 1 is small in the viewing-angle dependency of contrast, and can make driver voltage low.

[0044]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained. Drawing 1 is the sectional view showing the configuration of the reflective mold liquid crystal display (a liquid crystal display is called hereafter) 1 of this invention, and drawing 2 is the top view of the glass substrate 2 in a liquid crystal display 1. The liquid crystal display 1 of this example is a passive matrix. A liquid crystal display 1 is equipped with the transparent glass substrates 2 and 3 of a pair, and a large number formation of the large projection 4 and the small projection 5 which consist of a synthetic-resin ingredient is carried out on the glass substrate 2, respectively. The pars-basilaris-ossis-occipitalis diameters D1 and D2 of the large projection 4 and the small projection 5 are set, for example as 5 micrometers and 3 micrometers, respectively. Moreover, these spacing D3 is set as at least 2 micrometers or more.

[0045] The above-mentioned projections 4 and 5 are covered, the hollow between these projections 4 and 5 is filled, and the smoothing film 6 is formed. The front face of the smoothing film 6 is formed in the shape of a smooth surface in response to the effect of projections 4 and 5. On the smoothing film 6, the reflective metal membrane (counterelectrode) 7 which consists of metallic materials, such as aluminum, nickel, chromium, and silver, is formed. This reflective metal membrane 7 is formed in two or more trains at the longitudinal direction of drawing 2 covering band-

like [ of straight side ]. A reflecting plate 8 consists of these projections 4 and 5, smoothing film 6, and a reflective metal membrane 7. The orientation film 9 is formed on the above-mentioned reflective metal membrane 7.

[0046] In the front face of the above-mentioned glass substrate 2 and the glass substrate 3 which counters, it is band-like [ of straight side ] and the transparent electrode 10 which consists of ITO (Indium Tin Oxide) etc. is formed in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the reflective metal membrane 7 over two or more trains. Matrix electrode structure consists of an above-mentioned reflective metal membrane 7 and a transparent electrode 10. The glass substrate 3 with which the transparent electrode 10 was formed is covered, and the orientation film 11 is formed.

[0047] The closure of the periphery section of the glass substrates 2 and 3 which counter the above-mentioned mutual one is carried out by the sealant 12. Dielectric anisotropy deltaepsilon uses the liquid crystal ingredient which is forward, for example, the Merck Co. make, and a trade name ZLI2973 for the orientation film 9 and the liquid crystal layer 13 between 11.

[0048] The phase compensating plate 14 is formed at least for the optics which consists of an oriented film made from a polycarbonate (the optical anisotropy deltan2, thickness d2) in the liquid crystal layer 13 and the opposite side of the above-mentioned glass substrate 3. Furthermore on it, the polarizing plate 15 of 48% of simple substance permeability is arranged.

[0049] Either the scanning circuit 16 or the data circuit 17 is connected to the above-mentioned reflective metal membrane 7 and the transparent electrode 10, respectively. A scanning circuit 16 and a data circuit 17 are controlled by the control circuits 18, such as a microprocessor, are scanning the reflective metal membrane 7 and the transparent electrode 10 based on the indicative data corresponding to the contents of a display, and have the composition of impressing the display electrical potential difference V1 or the non-display electrical potential difference V2 from the electrical-potential-difference generating circuit 19, and realizing a display. Drawing 4 is drawing in which at least the liquid crystal layer 13 and optics show the optical configuration of the phase compensating plate 14 and a polarizing plate. The lagging axis (alpha) of the phase compensating plate 14 and the director (beta) of the liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 13 lie at right angles, and, as for the include angle phi with the absorption shaft of the director (beta) and polarizing plate 15 of the

liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 13, or a transparency shaft (gamma) to make, at least optics is set as the range of 30 degrees - 60 degrees.

[0050] Next, the creation approach of the above reflective mold liquid crystal displays 1 is explained.

[0051] Drawing 3 (1) - (5) is drawing showing the production process of a reflecting plate. First, as shown in drawing 3 (1), the photopolymer film 21 is formed in one field of a glass substrate 2. In this example, that (for example, the Corning, Inc. make, a trade name 7059) whose thickness t1 is 1.1mm as a glass substrate 2 was used. Moreover, the above-mentioned photopolymer film 21 can be obtained by carrying out the spin coat of the photopolymer ingredient (for example, Tokyo adaptation shrine make, trade name OFPR- 800) by 500r.p.m - 3000r.p.m. In this example, thickness t2 formed the photopolymer film 2 which is 1.5 micrometers by carrying out a spin coat for 30 seconds by 2500r.p.m.

[0052] Next, the glass substrate 2 with which the photopolymer film 21 was formed is calcinated for 30 minutes at 90 degrees C, and the photo mask 22 with which many circular patterns of two kinds of size as shown in drawing 3 (2) were formed is arranged and exposed. and Tokyo -- adaptation -- negatives are developed using the developer which consists of shrine make and a 2.38% solution of trade name NMD-3, and the large projection 23 and the small projection 24 from which detailed height differs are formed in a front face as shown in drawing 3 (3). Thus, the reason for forming two or more kinds of projections from which height differs is for preventing coloring arising in the reflected light by interference of light reflected in the summit and trough of a projection.

[0053] The circle of the diameters D1 (for example, 5 micrometers) and D2 (for example, 3 micrometers) as showed the above-mentioned photo mask 22 to drawing 2 corresponding to the large projection 4 and small projection which are formed using this has been arranged at random, and the spacing D3 can use the thing of a configuration of having left at least 2 micrometers or more. In addition, the mask pattern of a photo mask 22 is not limited to this, and can use various things with the pattern of a desired large projection and a small projection.

[0054] Then, as heat-treatment is performed to the glass substrate 2 with which the large projection 23 and the small projection 24 as shown in drawing 3 (3) were formed at 200 degrees C for 1 hour and it is shown in it at drawing 3 (4), the angle of the above-mentioned projections 23 and 24 is made round. furthermore, the glass substrate 2 top with which the above-mentioned projections 23 and 24 were formed as shown in drawing 3 (5) -- for example, Tokyo -- adaptation -- the macromolecule

resin film 6 is formed by carrying out the spin coat of shrine make and trade name OFPR-800 by 1000r.p.m - 3000r.p.m. At this example, the spin coat was performed by 2000r.p.m. Thereby, the hollow of the part between projections 23 and 24 is filled, and the macromolecule resin film (smoothing film) 6 which has the front face of the shape of a smooth curve can be formed. Although the resin of the class same as macromolecule resin film 6 as the above-mentioned photopolymer ingredient was applied in this example, the thing of a different class may be used. In addition, the surface level difference of the smoothing film 6 in this case was 0.7 micrometers.

[0055] Furthermore, as shown in drawing 3 (5), metal thin films, such as aluminum, nickel, chromium, and silver, are formed on the above-mentioned smoothing film 6 at thickness t3 (for example, about 0.01-1.0 micrometers). In this example, the reflective metal membrane 7 was formed by carrying out sputtering of the aluminum. A reflecting plate 8 is completed according to the above process. Thus, the polyimide resin film is formed on the reflecting plate 8 formed and the glass substrate 3 with which the transparent electrode 10 was formed, and it calcinates at 200 degrees C for 1 hour. Then, rubbing processing for carrying out orientation of the liquid crystal molecule 20 is performed, and the orientation film 9 and 11 is formed. In case the reflecting plate 8 with which the above-mentioned orientation film 9 was formed, and the glass substrate 3 with which the above-mentioned transparent electrode 10 and the orientation film 11 were formed are combined, it is made to counter so that the orientation of the liquid crystal molecule 20 may turn into parallel orientation. Moreover, in order to regulate the thickness of the liquid crystal layer 13, a 5-micrometer spacer is sprinkled and lamination is performed. Between two glass substrates 2 and 3, a liquid crystal closure layer (not shown) is formed by screen-stenciling the adhesive sealing compound which mixed the 6-micrometer spacer. The liquid crystal layer 13 is enclosed by carrying out a vacuum deairing, after forming the above-mentioned liquid crystal closure layer.

[0056] Next, actuation of the liquid crystal display 1 of this example is explained, referring to drawing 5 . In addition, a liquid crystal display 1 is disassembled for the facilities of explanation, and this drawing is shown. At the time of the protection-from-light actuation shown in drawing 5 (1),  $\delta_{tan2d}$  of each retardation of the optical compensating plate 14 and the liquid crystal layer 13, 2 and  $\delta_{tan1d1}$  are chosen so that the one above-mentioned formula may be satisfied. At this time, incident light 28 turns into the linearly polarized light 29 parallel to the absorption shaft of a polarizing plate 15, or the

transparency shaft orientations L1 by passing a polarizing plate 15. The linearly polarized light 29 passes the optical compensating plate 14 and the liquid crystal layer 13 with which are satisfied of the one above-mentioned formula, for example, turns into the clockwise circular polarization of light 30. It is reflected with a reflecting plate 8 and this circular polarization of light 30 turns into the counterclockwise circular polarization of light 31. This circular polarization of light 31 will turn into the linearly polarized light 32 which has the plane of polarization of the direction of the linearly polarized light 29 at the time of the above-mentioned incidence, and the direction which intersects perpendicularly, if the liquid crystal layer 13 and the optical compensating plate 14 which have the retardation which satisfies the three above-mentioned formula, respectively are passed. This linearly polarized light 32 is shaded with a polarizing plate 15. That is, the reflected light from a reflecting plate 8 is shaded. On the other hand, in passing the liquid crystal layer 13 and becoming the clockwise circular polarization of light, it is reflected with a reflecting plate 8 and this circular polarization of light turns into the counterclockwise circular polarization of light.

[0057] On the other hand, at the time of the light transmission actuation shown in drawing 5 (2),  $\delta_{tan2d}$  of each retardation of the optical compensating plate 14 and the liquid crystal layer 13, 2 and  $\delta_{tan1d1}$  are chosen so that the two above-mentioned formula may be satisfied. At this time, incident light 28 turns into the linearly polarized light 29 parallel to the above-mentioned shaft orientations L1 by passing a polarizing plate 15. Even if this linearly polarized light 29 passes the optical compensating plate 14 and the liquid crystal layer 13 which are set to satisfy the two above-mentioned formula, it holds the same polarization condition as passage before. It is also the same as even if it reflects with a reflecting plate 8, after the linearly polarized light 29 which passed the liquid crystal layer 3 holds the same linearly polarized light condition and passes the liquid crystal layer 13 and the optical compensating plate 14. Therefore, this reflected light passes and carries out outgoing radiation of the polarizing plate 15.

[0058] The refractive-index anisotropy  $\delta_{tan1}$  of the liquid crystal used by this example is 0.1626, and since the cel thickness d is 5.0 micrometers, 1 is set to 813nm  $\delta_{tan1d}$  of retardation of this liquid crystal layer 13.

[0059] The lagging axis of the phase compensating plate 14 made at least the director and optics of a liquid crystal molecule of the above-

mentioned liquid crystal layer 13 intersect perpendicularly, and the angle phi of the absorption shaft of a polarizing plate 15 or a transparency shaft, and the director of a liquid crystal molecule to make was made into 15 degrees, 30 degrees, 45 degrees, 60 degrees, and 75 degrees. When wavelength lambda was 550nm, at least optics selected 2 deltan2d of retardation of the phase compensating plate 14 so that it might be set to  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda = 0.25$  and the electrical-potential-difference-reflection factor property was measured about the case of phi= 15 degrees, 30 degrees, 45 degrees, 60 degrees, and 75 degrees, a graph like drawing 6 was obtained. That is, the property in phi= 15 degrees, 30 degrees, and 45 degrees corresponds with (a) of drawing 6, (b), and (c), respectively. In addition, the property at the time of phi= 60 degrees and 75 degrees was almost the same as the property (b) of phi= 30 degrees, and the property (c) of phi= 15 degrees respectively.

[0060] When an electrical potential difference was impressed, the reflection factor of the direction of a panel normal over the light which carried out incidence from a certain include angle (phi= 30 degrees) was about 45%, and the maximum contrast ratio was 6 in the time of phi= 45 degrees. The standard white plate of MgO was used for the reference. In addition, it is a time of the value of  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda$  being \*\*0.25 that a reflection factor becomes small in this graph, and the place of max [ reflection factor ] is a time of the value of  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda$  being 0. Monochrome (black and white) can be displayed by using these two conditions. About an installation include angle, the greatest contrast ratio can be obtained at the time of phi= 45 degrees, and a contrast ratio falls as it shifts from phi= 45 degrees and goes. However, in phi= 30 degrees - 60 degrees, it is satisfactory practical.

[0061] Although this example showed the case where the value of m of the four above-mentioned formula and m' of five formulas was 0, the display is possible when m and/or m' is one or more. However, since the reflection factor of a light transmission condition will fall, the reflection factor of a protection-from-light condition will rise conversely and a contrast ratio falls when m and m' is one or more, it is desirable to use the time of  $m=m'=0$ . Moreover, if it is the range with which the above-mentioned protection-from-light condition and a light transmission condition not only satisfying the conditions of the four above-mentioned formula and five formulas but a protection-from-light condition is satisfied with of the one above-mentioned formula, and a light transmission condition is satisfied of the two above-

mentioned formula, it will be satisfactory practical.

[0062] In the reflective mold liquid crystal display of this example, since the reflector forming face of a reflecting plate 8 is arranged at the liquid crystal layer side, there is no parallax and the good display screen is obtained.

[0063] (Example 2) In this example, in the liquid crystal display of the above-mentioned example 1, it considered as  $\phi = 45$  degrees and the thing with as large the wavelength dispersion [ as optics ] as a phase compensating plate 14 than the wavelength dispersion of a liquid crystal cell was used using the protection-from-light condition of  $(\delta n_{1d} - \delta n_{2d}) / \lambda = 0.25$ . By this, the four above-mentioned formula can be satisfied on almost all the wavelength in the range of 400-700nm. This is in a protection-from-light condition at the time of electrical-potential-difference  $V_1$  ( $V_1 >= 0$ ) impression, as shown in drawing 7 (a). When it is in a light transmission condition, at least optics at the time of electrical-potential-difference  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) impression Magnitude  $(\delta n_{\lambda}) F = (\delta n_{400} - \delta n_{700})$  of the wavelength dispersion of a phase compensating plate /  $\delta n_{550}$ , Magnitude  $(\delta n_{\lambda}) LC = (\delta n_{400} - \delta n_{700})$  of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell /  $\delta n_{550}$  It sets up so that it may be satisfied with a protection-from-light condition of  $\delta n_{1d} > \delta n_{2d}$  of  $F(\delta n_{\lambda}) > (\delta n_{\lambda}) LCs$  at the time of 2 ( drawing 7 (b), (c)) ( drawing 8 (b)). By setting up so that it may be satisfied with a protection-from-light condition of  $\delta n_{1d} < \delta n_{2d}$  of  $F(\delta n_{\lambda}) < (\delta n_{\lambda}) LCs$  at the time of 2 ( drawing 8 (a)), moreover, ( drawing 8 (c)), It is based on what ( drawing 8 (d)) the four above-mentioned formula can be filled for in the wavelength field where retardation with a phase compensating plate is as wide range as a liquid crystal layer and optics.

[0064] On the other hand, at the time of electrical-potential-difference  $V_1$  ( $V_1 >= 0$ ) impression, in being in a light transmission condition and being in a protection-from-light condition at the time of electrical-potential-difference  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) impression Since it is the same, at least the above-mentioned optics Magnitude  $(\delta n_{\lambda}) F$  of the wavelength dispersion of a phase compensating plate, Magnitude  $(\delta n_{\lambda}) LC$  of the wavelength dispersion of a liquid crystal cell is set up so that it may be satisfied with a protection-from-light condition of  $\delta n_{1d} > \delta n_{2d}$  of  $F(\delta n_{\lambda}) > (\delta n_{\lambda}) LCs$  at the time of 2. Moreover, by setting up so that it may be satisfied with a protection-from-light condition of  $\delta n_{1d} < \delta n_{2d}$  of  $F < (\delta n_{\lambda}) LCs$  at the time  $(\delta n_{\lambda})$  of 2, the four above-

mentioned formula can be filled in a wide range wavelength field.

[0065] The result of having measured the value of  $|\delta\text{tan}d_1 - \delta\text{tan}d_2|/\lambda$  in each wavelength when at least such optics uses a phase compensating plate for drawing 9 is shown. In this drawing, \*\* shows the case where at least the optics used for the reflective mold liquid crystal display of this invention uses a phase compensating plate, and \*\* shows the case where at least the optics used for the conventional reflective mold liquid crystal display uses a phase compensating plate. When at least the optics by this invention uses a phase compensating plate so that clearly from drawing 9, it can be satisfied with almost all the wavelength of 400-700nm of the four above-mentioned formula.

[0066] The electrical-potential-difference-reflecting plate property B when at least the conventional optics in which at least the optics which has larger wavelength dispersion than the wavelength dispersion of the above-mentioned liquid crystal layer in drawing 10 has wavelength dispersion smaller than the wavelength dispersion of the electrical-potential-difference-reflection factor property A at the time of using a phase compensating plate and a liquid crystal layer uses a phase compensating plate is shown. The measuring method in this case was performed like the above-mentioned example 1. When a thing with as large the wavelength dispersion [ as optics ] as a phase compensating plate than the wavelength dispersion of a liquid crystal layer is used so that clearly from drawing 10, it can be satisfied with a wide range wavelength field of the conditions of a protection-from-light condition. Moreover, the reflection factor of a protection-from-light condition can be reduced, a contrast ratio can be set to 8, and a good display property without parallax can be shown.

[0067] As mentioned above, if the retardation in a protection-from-light condition makes wavelength dispersion of the smaller one larger than the wavelength dispersion of another side so that I may be understood, a protection-from-light condition can be realized in a wide range wavelength field, and improvement in a display property can be aimed at.

[0068] (Example 3) In this example, liquid crystal ingredient ZLI-2359 by Merck Co. which are  $\delta\text{tan}0.0512$  were used for the liquid crystal layer 13.

[0069] In the reflective mold liquid crystal display of this example, like the example 1, the lagging axis of the phase compensating plate 14 made at least the director and optics of a liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 13 intersect perpendicularly, and the angle phi of the absorption shaft of a polarizing plate 15 or a transparency shaft,

and the director of a liquid crystal molecule to make was made into 15 degrees, 30 degrees, 45 degrees, 60 degrees, and 75 degrees. When wavelength lambda was 550nm, at least optics selected 2 deltan2d of retardation of the phase compensating plate 14 so that it might be set to  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda = 0.25$  and the electrical-potential-difference-reflection factor property was measured about the case of  $\phi = 15$  degrees, 30 degrees, 45 degrees, 60 degrees, and 75 degrees, the same result as an example 1 was obtained. When an electrical potential difference was impressed, the reflection factor of the direction of a panel normal over the light which carried out incidence from a certain include angle ( $\phi = 30$  degrees) was about 45%, and the maximum contrast ratio was 6 in the time of  $\phi = 45$  degrees. It is a time of the value of  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda$  being  $\approx 0.25$  that a reflection factor becomes small, and the place of max [ reflection factor ] is a time of the value of  $(\text{deltan1d1} - \text{deltan2d2}) / \lambda$  being 0. Monochrome (black and white) can be displayed by using these two conditions. About an installation include angle, the greatest contrast ratio can be obtained at the time of  $\phi = 45$  degrees, and a contrast ratio falls as it shifts from  $\phi = 45$  degrees and goes. However, in  $\phi = 30$  degrees - 60 degrees, it is satisfactory practical.

[0070] 1 is set to 150, 200, 250, 500, and 750 deltan1d of retardation of the liquid crystal layer 13, and by changing the cel thickness d of the above-mentioned liquid crystal layer 13 shows the result of having measured the electrical-potential-difference-reflection property about each case to drawing 11. Since the viewing-angle dependency of the contrast of a liquid crystal display becomes large when the value of the retardation of the liquid crystal layer 13 is 200nm or less so that I may be understood from this drawing 11, a good display is not obtained. Moreover, when the value of the retardation of the liquid crystal layer 13 is 750nm or more, the driver voltage of a liquid crystal display becomes large. Therefore, deltan1d of retardation of the liquid crystal layer 13, in 1, when it is the range of  $200 \text{ nm} < \text{delta n1d1} < 750 \text{ nm}$ , the viewing-angle dependency of contrast is small and a reflective mold liquid crystal display with low driver voltage is obtained.

[0071] In this example, when 1 was changed to the liquid crystal layer 13 deltan1d of retardation of the liquid crystal layer 13 using liquid crystal ingredient ZLI-1565 by Merck Co. which are deltan0.1297 by changing the cel thickness d of the liquid crystal layer 13 like the above, the same result as the time of using the above-mentioned ZLI-2359 was obtained.

[0072] Although this example showed the case where the value of m of the

four above-mentioned formula and  $m'$  of five formulas was 0, the display is possible when  $m$  and/or  $m'$  is one or more. However, since the reflection factor of a light transmission condition will fall, the reflection factor of a protection-from-light condition will rise conversely and a contrast ratio falls when  $m$  and/or  $m'$  is one or more, it is desirable to use the time of  $m=m'=0$ .

[0073] (Example 4) In this example, in the liquid crystal display of the above-mentioned example 3, it considered as  $\phi=45$  degrees and the thing with as large the wavelength dispersion [ as optics ] as a phase compensating plate 14 than the wavelength dispersion of a liquid crystal cell was used using the protection-from-light condition of  $(\delta n \tan d_1 - \delta n \tan d_2) / \lambda = 0.25$ . Like an example 2, when the retardation in a protection-from-light condition makes wavelength dispersion of the smaller one larger than the wavelength dispersion of another side,  $\delta n / \lambda$  property as shown in drawing 9 is acquired, and the four above-mentioned formula can be satisfied on almost all the wavelength in the range of 400-700nm. Moreover, by using wavelength dispersion [ as optics ] with the as large phase compensating plate 14 than the wavelength dispersion of a liquid crystal cell, like an example 2, an electrical-potential-difference-reflection property becomes a thing as shown in drawing 10, and can be satisfied with a wide range wavelength field of the conditions of a protection-from-light condition. Moreover, the reflection factor of a protection-from-light condition can be reduced, a contrast ratio can be enlarged, and a good display property without parallax can be shown.

[0074] This invention is not limited to the example explained above, and can be widely applied to the optical control unit of a reflective mold.

[0075] In the above-mentioned examples 1-4, although at least optics used the oriented film of polycarbonate nature as a phase compensating plate, it is not limited to this and oriented films, such as PVA (polyvinyl alcohol) and PMMA (polymethylmethacrylate), may be used. Moreover, the orientation film may be formed in the front face of the glass substrate of a pair, respectively, and at least optics may use the liquid crystal cell which encloses and carried out parallel orientation of the liquid crystal layer between each orientation film as a phase compensating plate.

[0076] Moreover, this invention persons are also checking that it can use as each picture element electrode by which the above-mentioned reflector is connected to nonlinear devices, such as a thin film transistor and MIM, in the case of the liquid crystal display of an active-matrix drive method.

[0077] Although it is better not to call the retardation of the above-mentioned liquid crystal layer 13 at a location, but to make it regularity, in order to increase the steepness of an electro-optics property, when a level difference exists in a reflecting plate 8 strictly, cel thickness differs on a level difference and in the bottom. Consequently, retardation values also differ. A level difference can be set to about 0.1 micrometers, if the flattening layer which consists of acrylic resin is prepared on a reflecting plate 8, an ITO transparent electrode is further formed on it and it is a picture element electrode, in order to cancel this. thus, when carried out, it checked that the steepness of an electro-optics property could be boiled markedly and could be raised. What is necessary is just the transparent resin film which does not ask an inorganic material and an organic material but has flattening capacity as the above-mentioned flattening layer. Thereby, the simple multiplexer drive of the 100 or more scanning lines is attained.

[0078] Furthermore, in the above-mentioned examples 1-4, although the glass substrate was used as substrates 2 and 3, even when an opaque substrate like a silicon substrate is used, the same effectiveness can be acquired. When such a silicon substrate is used as the above-mentioned glass substrate 2, circuit elements, such as the above-mentioned scanning circuit 16, a data circuit 17, a control circuit 18, and the electrical-potential-difference generating circuit 19, can be integrated and formed on a silicon substrate.

[0079] Although the thing of parallel orientation was used as a liquid crystal layer 13, if it is not limited to this and retardation can be controlled by electric field, it is applicable in the liquid crystal layer of any orientation. Moreover, also about the liquid crystal cell for which at least optics is used as a phase compensating plate 14, if it is the liquid crystal layer which can set up retardation the optimal, all are applicable.

[0080] Moreover, the thing of multicolor and a full color display to do for a liquid crystal display is also possible by forming a color filter layer on a glass substrate 3 or a transparent electrode 10.

[0081]

[Effect of the Invention] According to this invention, the reflective film forming face of a reflecting plate can be installed in a liquid crystal layer side so that clearly from the above explanation. Moreover, it can shade efficiently by considering as  $\phi = 30$  degrees - 60 degrees. in a protection-from-light condition, when at least a liquid crystal layer and optics adjust the wavelength dispersion of a phase

compensating plate, compared with a phase compensating plate, at least the conventional optics can be boiled markedly and can fulfill the conditions of a protection-from-light condition in the wavelength field of the large range. Therefore, the high reflective mold liquid crystal display of display grace is realizable with the high definition of high contrast without parallax. Furthermore, by adjusting the retardation value of a liquid crystal layer, the viewing-angle dependency of contrast is small and driver voltage can consider as a low reflective mold liquid crystal display.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the reflective mold liquid crystal display 1 which is one example of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the photo-mask pattern of the reflecting plate 8 concerning this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the production process of the reflecting plate 8 concerning this invention.

[Drawing 4] It is drawing for explaining the optical property of the reflective mold liquid crystal display of this invention.

[Drawing 5] It is drawing for explaining the display-action principle of the reflective mold liquid crystal display of this invention.

[Drawing 6] It is drawing showing the electrical-potential-difference dependence property of the reflection factor of the reflective mold liquid crystal display of an example 1.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the principle of operation of the reflective mold liquid crystal display of an example 2.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the principle of operation of the reflective mold liquid crystal display of an example 2.

[Drawing 9] It is drawing showing the property of  $\delta n/\lambda$  the case where at least the optics concerning this invention uses a phase compensating plate, and when at least the conventional optics uses a phase compensating plate.

[Drawing 10] It is drawing showing the electrical-potential-difference dependence property of the reflection factor of the reflective mold liquid crystal display of an example 2.

[Drawing 11] It is drawing showing the electrical-potential-difference

dependence property of the reflection factor of the reflective mold liquid crystal display of an example 3.

[Description of Notations]

1 Liquid Crystal Display

2 Three Glass substrate

4 Five Projection

6 Smoothing Film

7 Reflective Metal Membrane

8 Reflecting Plate

9 11 Orientation film

10 Transparent Electrode

12 Sealant

13 Liquid Crystal Layer

14 At Least Optics is Phase Compensating Plate.

15 Polarizing Plate

---

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-167708

(43)公開日 平成6年(1994)6月14日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 0 2 F 1/1335識別記号  
5 1 0  
序内整理番号  
7408-2K

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平5-217701  
 (22)出願日 平成5年(1993)9月1日  
 (31)優先権主張番号 特願平4-261310  
 (32)優先日 平4(1992)9月30日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005049  
 シヤープ株式会社  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
 (72)発明者 中村 浩三  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (72)発明者 三ツ井 精一  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (72)発明者 木村 直史  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (74)代理人 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 反射型液晶表示装置

## (57)【要約】

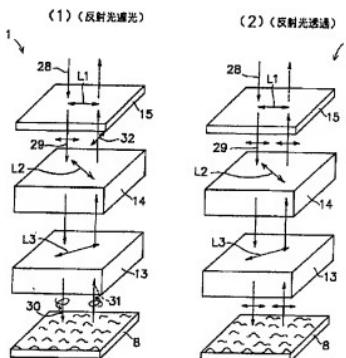
【目的】 視差がなく、高精細・高コントラストで表示品位が高く、さらに、コントラストの視角依存性が小さく、駆動電圧が低くなるようにする。

【構成】 光学位相補機能を有する基板の連想軸と、液晶セルの液晶分子のダイレクタの方向とが、ほぼ直交状態にされている。液晶セルのリターデーション $\Delta n_1 d_1$ と、光学位相補機能を有する基板のリターデーション $\Delta n_2 d_2$ と、入射光の波長 $\lambda$ とが  
 $|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ ) (1)

を満たすときに遮光状態となり、

$$|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1 \quad (m' = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

を満たすときに光透過状態となるように、液晶層に印加される電界により $|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda$ の値を変化させる。これら遮光状態および光透過状態の2つの状態を用いて表示を行い、液晶セルの液晶分子のダイレクタの方向に対して偏光子の吸収軸あるいは透過軸を $30^\circ \sim 60^\circ$ に設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶層を間に挟んで、少なくとも透明電極を形成した絶縁性の透過性基板および、一方の表面になめらかで連続的に変化する凹凸を有し、該表面上に光反射機能を有する薄膜が形成された反射板が対向配置され得る液晶セルと、該液晶セルの光の入射側に配置された偏光子と、該偏光子と該液晶セルとの間に配置された光学位相補償機能を有する基板とを備えた反射型液晶表示装置。

$$|\Delta n_{1d1} - \Delta n_{2d2}| / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1 \quad (m = 0, 1, 2) \dots (1)$$

を満たすときに遮光状態となり、

$$|\Delta n_{1d1} - \Delta n_{2d2}| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1 \quad (m' = 0, 1, 2) \dots (2)$$

を満たすときに光透過状態となるように、該液晶層に印加される電界により  $|\Delta n_{1d1} - \Delta n_{2d2}| / \lambda$  の値を変化させて、該2つの状態を用いて表示を行う反射型液晶表示装置。

【請求項2】 前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d1}$  が  $200 \text{ nm} < \Delta n_{1d1} < 750 \text{ nm}$  の範囲に設定されている請求項1に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項3】 前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d1}$  と光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d2}$  とが、電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記1式を満たすときに遮光状態となり、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記2式を満たすときに光透過状態となる場合において、前記光学位相補償機能を有する基板の波長分散の大きさ ( $\Delta n \lambda$ )  $F$  と液晶セルの波長分散の大きさ ( $\Delta n \lambda$ )  $L$  とが、該遮光状態で  $\Delta n_{1d1} > \Delta n_{2d2}$  の条件を満足するときに ( $\Delta n \lambda$ )  $F > (\Delta n \lambda) L$  となり、該遮光状態で  $\Delta n_{1d1} < \Delta n_{2d2}$  の条件を満足するときに ( $\Delta n \lambda$ )  $F < (\Delta n \lambda) L$  となる請求項1または2に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項4】 前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d1}$  と光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d2}$  とが、電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記2式を満たすときに光透過状態となり、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記1式を満たすときに遮光状態となる場合において、

前記光学位相補償機能を有する基板の波長分散の大きさ ( $\Delta n \lambda$ )  $F$  と液晶セルの波長分散の大きさ ( $\Delta n \lambda$ )  $L$  とが、該遮光状態で  $\Delta n_{1d1} > \Delta n_{2d2}$  の条件を満足するときに ( $\Delta n \lambda$ )  $F > (\Delta n \lambda) L$  となり、該遮光状態で  $\Delta n_{1d1} < \Delta n_{2d2}$  の条件を満足するときに ( $\Delta n \lambda$ )  $F < (\Delta n \lambda) L$  となる請求項1または2に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項5】 前記光反射機能を有する薄膜が、前記反射板の液晶層側表面に設けられている請求項1、2、3または4に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項6】 前記光反射機能を有する薄膜が、前記透

示装置において、

該透過性基板に隣接する液晶分子のダイレクタの方向が、該光学位相補償機能を有する基板の選択軸とほぼ直交するように、かつ、該偏光子の吸収軸または選択軸となす角  $\alpha$  が  $30^\circ \sim 60^\circ$  になるように設定され、該液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d1}$  と該光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d2}$  と入射光の波長  $\lambda$  とが、

$$|\Delta n_{1d1} - \Delta n_{2d2}| / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1 \quad (m = 0, 1, 2) \dots (1)$$

$$|\Delta n_{1d1} - \Delta n_{2d2}| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1 \quad (m' = 0, 1, 2) \dots (2)$$

透過性基板上に形成された透明電極に対向する電極として機能する請求項1、2、3、4または5に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項7】 前記光反射機能を有する薄膜の上に、凹凸を吸收すべく透明な平坦化層が設けられ、該平坦化層の上に、前記透過性基板上に形成された透明電極に対向する電極として機能する透明電極が形成されている請求項1、2、3、4、5または6に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項8】 前記透過性基板上または透明電極上に、カラーフィルター層が形成されている請求項1、2、3、4、5、6または7に記載の反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ワードプロセッサ、ノートパソコン等のオフィスオートメーション(OA)機器や、各種映像機器およびゲーム機器等に使用され、直視式のパックライトを用いない構成の反射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【從来の技術】 近年、ワードプロセッサ、ラップトップ型パソコン等のOA機器、あるいはポケットテレビと称される携帯型テレビジョン等の映像機器等への液晶表示装置の応用が急速に伸展している。これら液晶表示装置の中でも、外部から入射した光を反射させて表示を行う反射型液晶表示装置は、光源となるパックライトが不要であるので、低消費電力化、薄型化、軽量化が可能であり、特に注目されている。

【0003】 従来、上記反射型液晶表示装置には、TN(ツイステッドネマティック)方式およびSTN(ステータスツイステッドネマティック)方式が用いられている。

【0004】 上記TN方式は、一組の偏光板の間に、一対のガラス基板と、各ガラス基板表面に形成された透明電極と、両ガラス基板間に封入された液晶層とから構成される液晶セルを配置し、この液晶セルの光学的性質、すなわち電圧無印加時の旋光特性と、電圧印加時の旋光解消特性とを利用してモノクロ(白黒)表示を行うものである。カラー表示を行う場合には、液晶表示装置の背

面にバックライトを搭載し、さらに液晶セル内に例えれば赤色、青色、緑色等の各色毎のカラーフィルターを設ける構成を採用する。そして、液晶セルの電圧の無印加時／印加時に対応する液晶セルの光スイッチング特性を利用して、加色混合することによって比較的少色のカラー表示を行うマルチカラー表示、あるいは基本的に任意の色彩表示が可能なフルカラー表示が実現される。

【0005】上記TN方式の反射型液晶表示装置の駆動方式としては、アクティブマトリックス駆動方式や単純マトリックス駆動方式が用いられ、いわゆるポケット液晶テレビ等の表示装置に採用されている。

【0006】一方、ワードロセッサ等のOA機器用の表示装置として広く使用されている表示方式としては、上記TN方式と類似の液晶表示原理を有し、液晶分子の捩れ角を $180^\circ \sim 270^\circ$ に設定するSTN方式が挙げられる。

【0007】このSTN方式は、液晶分子の捩れ角を $90^\circ$ 以上に増大させ、液晶セルの複屈折効果によって生ずる精円偏光に対する偏光板の透過軸の設定角度を最適化させてある。よって電圧印加に伴う急激な分子配向変形を液晶の複屈折に反映することができ、閾値以下で急峻な光学的变化を呈する電気光学特性を実現できる。従って、単純マトリックス駆動方式に適する。

【0008】このSTN方式の短所としては、液晶の複屈折により、表示の背景色として黄緑や濃紺の着色が生じることである。この着色現象を改善するために、表示用STN液晶セルに、光学捕償用液晶セルまたはポリカーボネイトなどの高分子で形成される位相差板を重ね合わせた液晶表示装置が提案されている。このことにより、色捕償を行い、白黒表示に近い表示を実現することが可能となる。現在、このような着色捕償を行なう構成の液晶セルが、いわゆるペーパーホワイト型液晶表示装置として用いられている。

【0009】上記TN方式、STN方式の詳細な動作原理は、日本学術振興会第142委員会編「液晶ディスプレイハンドブック」1989-P.329～346に記載されており、周知の技術である。

【0010】上記TN方式あるいはSTN方式の液晶表示装置を反射型液晶表示装置として実現しようとすると、表示方式の原理上、液晶セルを一対の偏光子で挟む構造にし、その外側に反射板を配置する必要がある。このため、液晶セルに使用されるガラス基板の厚さにより、使用者がガラス基板を見る角度、即ちガラス基板の法線方向と、使用者が液晶セルを見る方向とのなす角度によって視差が生じ、表示が二重に認識されるという欠点があった。

【0011】また、従来のTN方式、STN方式等、液晶の複屈折を電界で制御し、光シャッタ機能を利用して表示を行う液晶表示装置の偏光板を1枚にして、そのまま反射型液晶表示装置に適用した場合、その原理上、コ

ントラストのあるモノクロ表示を実現することはできない。

【0012】よって、偏光板1枚と $1/4$ 波長板とを用いた反射型TN(45°ツイスト型)方式の液晶表示装置が、特開昭55-4873号公報に開示されている。この先行技術においては、45°ねじれた液晶層を用い、印加される電界を制御することによって入射直線偏光の偏波面を $1/4$ 波長板の光軸に平行な状態と45°ねじれた状態との2つの状態を実現して白黒表示を行っている。この液晶セルの構成は、入射光側から偏光子、45°ツイスト液晶セル、 $1/4$ 波長板、反射板となっている。さらに、USP4,701,028(Clercら)には偏光板1枚と $1/4$ 波長板と垂直配向液晶セルとを組み合わせた反射型垂直配向方式の液晶表示装置が開示されている。また、本出願人らは、偏光板1枚と平行配向液晶セルと位相差板とを組み合わせた反射型平行配向方式について出願している。

#### 【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記特開昭55-4873号公報に記載された液晶表示装置では、液晶層と反射板との間に $1/4$ 波長板を設けるが必要があるため、原理上、液晶セルの内側に反射膜を形成することができない。また、この液晶表示装置の基本原理はTN方式と同じであるため、電気光学特性の急峻性がTNと同じである。従って、コントラストが低く、電気光学特性の急峻性が低いという欠点がある。

【0014】上記USP4,701,028に記載された垂直配向方式の液晶表示装置では、以下ののような問題がある。

【0015】①垂直配向、特に傾斜垂直配向は制御が極めて困難であり、このような制御を実現するためには構成が複雑になるので量産に向いていない。

【0016】②垂直配向は配向規制力が弱く、応答速度が遅い。

【0017】③垂直配向を用いた場合、駆動時にダイナミックキャッティングが発生することがあり信頼性が低い。

【0018】上記反射型平行配向方式では、偏光板、位相差板および液晶分子のダイレクタの設置角度が適性でないと表示特性が悪くなる。また、液晶セルと位相差板との波長分散のために着色が生じる。さらに、反射板をそのまま液晶層側に設置すると、反射板の凹凸のため電気光学特性の急峻性が悪くなる。

【0019】本発明は上記從来の問題点を解決するためになされたものであり、視差がなく、高精細・高コントラストで表示品位が高く、さらに、コントラストの視角依存性が小さく、駆動電圧が低い反射型液晶表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の反射型液晶表示

装置は、液晶層を間に挟んで、少なくとも透明電極を形成した絶縁性の透過性基板および、一方の表面になめらかで連続的に変化する凹凸を有し、該表面に光反射機能を有する薄膜が形成された反射板が対向配設されてなる液晶セルと、該液晶セルの光の入射側に配置された偏光子と、該偏光子と該液晶セルとの間に配置された光学位相補償機能を有する基板とを備えた反射型液晶表示装置

$$|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1 \quad (m = 0, 1, 2) \dots (1)$$

を満たすときに遮光状態となり、

$$|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1 \quad (m' = 0, 1, 2) \dots (2)$$

を満たすときに光透過状態となるように、該液晶層に印加される電界により  $|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda$  の値を変化させて、該2つの状態を用いて表示を行うので、そのことにより上記目的が達成される。

【0021】この反射型液晶表示装置において、前記液晶層の配向が平行配向となるように前記透過性基板と前記反射基板とが対向配設され、前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d}$  が  $200 \text{ nm} < \Delta n_{1d} < 750 \text{ nm}$  の範囲に設定されている構成としてもよい。

【0022】また、前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d}$  と光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d}$  とが、電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記1式を満たすときに遮光状態となり、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記2式を満たすときに光透過状態となる場合において、前記光学位相補償機能を有する基板の波長分散の大きさ  $(\Delta n \lambda)_L$  と液晶セルの波長分散の大きさ  $(\Delta n \lambda)_R$  とが、該遮光状態で  $\Delta n_{1d} > \Delta n_{2d}$  の条件を満足するときに  $(\Delta n \lambda)_R > (\Delta n \lambda)_L$  となり、該遮光状態で  $\Delta n_{1d} < \Delta n_{2d}$  の条件を満足するときに  $(\Delta n \lambda)_R < (\Delta n \lambda)_L$  となるように設定してもよい。

【0023】また、前記液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d}$  と光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d}$  とが、電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記2式を満たすときに遮光状態となり、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の範囲にある波長  $\lambda$  に対して前記1式を満たすときに光透過状態となる場合において、前記光学位相補償機能を有する基板の波長分散の大きさ  $(\Delta n \lambda)_L$  と液晶セルの波長分散の大きさ  $(\Delta n \lambda)_R$  とが、該遮光状態で  $\Delta n_{1d} > \Delta n_{2d}$  の条件を満足するときに  $(\Delta n \lambda)_R > (\Delta n \lambda)_L$  となり、該遮光状態で  $\Delta n_{1d} < \Delta n_{2d}$  の条件を満足するときに  $(\Delta n \lambda)_R < (\Delta n \lambda)_L$  となるように設定してもよい。

【0024】また、前記光反射機能を有する薄膜が、前記反射板の液晶層側表面に設けられている構成としても

$$|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda = 0.25 + m / 2 \quad (m = 0, 1, 2) \dots (4)$$

の成立として表されるので、上記3式の  $\delta$  の値を上記4式を満足するように設定することにより、入射光が遮光

において、該透過性基板に隣接する液晶分子のダイレクタの方向が、該光学位相補償機能を有する基板の透過程軸とほぼ直交するように、かつ、該偏光子の吸収軸または透過程軸となす角  $\varphi$  が  $30^\circ \sim 60^\circ$  になるように設定され、該液晶セルのリターデーション  $\Delta n_{1d}$  と該光学位相補償機能を有する基板のリターデーション  $\Delta n_{2d}$  と入射光の波長  $\lambda$  とが

$$|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1 \quad (m' = 0, 1, 2) \dots (2)$$

よい。又、前記光反射機能を有する薄膜が、前記透過性基板上に形成された透明電極に対向する電極として機能する構成としてもよい。

【0025】更に、前記光反射機能を有する薄膜の上に、凹凸を吸收すべく透明な平坦化層が設けられ、該平坦化層の上に、前記透過性基板上に形成された透明電極に対向する電極として機能する透明電極が形成されている構成としてもよい。

【0026】また、前記透過性基板上または透明電極上に、カラーフィルター層が形成されている構成としてもよい。

【0027】

【作用】以下、本発明の反射型液晶表示装置の表示原理について説明する。

【0028】本発明の反射型液晶表示装置は、液晶層を間に挟んで透過性基板と反射板とが対向配設されて液晶セルが構成され、液晶セルの光の入射側に偏光子が配置され、偏光子と液晶セルとの間に光学位相補償板が配置されている。

【0029】この反射型液晶表示装置への入射光は、偏光子、光学位相補償板および液晶層を通して反射板に到達し、この反射板で反射した後、再び液晶層、光学位相補償板および偏光子を通して出射する。この際、偏光子から出射して得られる直線偏光は、光学位相補償板と液晶層13とを通過した後、梢円偏光となる。この時の梢円偏光の位相差  $\delta$  は、下記3式のように表される。

【0030】

$$\delta = (2\pi/\lambda) (\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}) \dots (3)$$

ここで、 $\lambda$  は波長、 $\Delta n_{1d}$  は液晶層のリターデーション、 $\Delta n_{2d}$  は光学位相補償板のリターデーション、 $\Delta n_1$ 、 $n_2$  はそれぞれ液晶層、光学位相補償板の光学異方性(複屈折率)、 $d_1$ 、 $d_2$  はそれぞれ液晶層、光学位相補償板の厚さを示す。

【0031】上記3式の  $\delta$  の値をいわゆる  $1/4$  波長条件と  $3/4$  波長条件とに設定した時に入射光が遮光される。上記条件は一般には、

$$|\Delta n_{1d} - \Delta n_{2d}| / \lambda = 0.25 + m / 2 \quad (m = 0, 1, 2) \dots (1)$$

される。

【0032】光学位相補償板に入射した偏光子からの直

線偏光は、上記4式を満足させた光学位相補償板および液晶層を通してすることにより、例えば右回りの円偏光となり、反射板で反射されて左回りの円偏光となる。一方、液晶層を通して左回りの円偏光となっている場合には、反射板で反射されて右回りの円偏光となる。

$$|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda = m' / 2$$

の条件を満足した場合には、光学位相補償板に入射した偏光子からの直線偏光は、光学位相補償板および液晶層を通して後でも偏光方向が平行な直線偏光のままである。よって、反射板で反射された後、またはその反射光が再び液晶層および光学位相補償板を通して後でも、偏光方向が平行な直線偏光のままである。従って、出射光は偏光子を通してする。

【0035】これら遮光状態および光透過状態の2つの状態を利用して表示を行うことができる。

【0036】上記遮光状態および光透過状態は、上記4式、5式の条件を満足することに限らず、遮光状態は下記1式を、光透過状態は下記2式を満足する範囲であれば実用的に問題がない。

【0037】 $|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda = 0.25 + m / 2 \pm 0.1$  ( $m = 0, 1, 2 \dots$ ) (1)     $|\Delta n_1 d_1 - \Delta n_2 d_2| / \lambda = m' / 2 \pm 0.1$  ( $m' = 0, 1, 2 \dots$ ) (2)

このような表示原理の液晶表示装置において、光反射板が偏光性を保持しない場合には、上述したような右回りの円偏光から左回りの円偏光への変換。またはこの逆の変換が効率的に行われなくなり、コントラストが低下する。

【0038】偏光性を保持するための反射板としては平坦な鏡面反射板があるが、これは外部の物体がそのまま映るので、表示が見難くなる。これを防ぐために、本出願人らが反射板作製法としてすでに特許出願しているものを用いることができる。これは、基板に感光性樹脂を塗布してこれをバーナー化し、さらに熱処理を行って凸部をなめらかな形状にした後、その上の反射面を形成したものである。この方法によれば、凸部をなめらかに形成できるため、多重反射が少なく、偏光をほぼ保持した明るい反射面とすることができる。このような反射板を用いることで、光の偏光性の保持性と拡散性を兼ね備えた反射板を得ることができる。

【0039】電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に遮光状態、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に光透過状態である場合において、遮光状態で  $\Delta n_1 d_1 > \Delta n_2 d_2$  の時 ( $\Delta n \lambda)_F > (\Delta n \lambda)_L$  [C] とし、また、遮光状態で  $\Delta n_1 d_1 < \Delta n_2 d_2$  の時 ( $\Delta n \lambda)_F < (\Delta n \lambda)_L$  [C] とすることにより広範囲の波長領域で上記4式を満たすことができる。

【0040】電圧  $V_1$  ( $V_1 \geq 0$ ) 印加時に光透過状態、電圧  $V_2$  ( $V_2 > V_1$ ) 印加時に遮光状態である場合にも同様に、遮光状態で  $\Delta n_1 d_1 > \Delta n_2 d_2$  の時 ( $\Delta n \lambda)_F > (\Delta n \lambda)_L$  [C] とし、また、遮光状態で  $\Delta n_1 d_1 < \Delta n_2 d_2$  の時 ( $\Delta n \lambda)_F < (\Delta n \lambda)_L$  [C] とすることによ

【0033】反射板からの反射光は、再び液晶層および光学位相補償板を通過することにより、入射時に偏光子を通過した後の直線偏光とは直交する直線偏光となり、偏光子により遮光される。

【0034】また、

$$(m' = 0, 1, 2 \dots) \quad (5)$$

り、より広範囲の波長領域で上記4式を満たすことができる。

【0041】つまり、遮光状態で、リターデーションの小さい方の波長分散を他方の波長分散よりも大きくする。このことにより、遮光状態での液晶セルと光学位相補償機能を有する基板との波長分散が打ち消し合って、高コントラストの良好な表示を得ることができる。

【0042】上記液晶層に含まれる液晶分子のダイレクタの方向は、光学位相補償板の遅相軸とほぼ直交するように、かつ、偏光子の吸収軸または透過軸となす角  $\varphi$  が  $30^\circ \sim 60^\circ$  になるように設定されている。液晶表示装置のコントラストは、 $\varphi$  が  $45^\circ$  の時が最大になるが、上記設定であれば実用的に問題がない。上記透過性基板と反射板とを、液晶層が平行配向となるように対向配設した場合には、垂直配向になるようにした場合に比べて、配向制御が容易であり、応答速度が速く、信頼性を高くすることができる。

【0043】上記液晶セルのリターデーション  $\Delta n d_1$  は、 $2.00 \text{ nm} < \Delta n d_1 < 7.50 \text{ nm}$  とすることにより、コントラストの視角依存性を小さく、駆動電圧を低くすることができる。

【0044】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。図1は本発明の反射型液晶表示装置（以下、液晶表示装置と称する）1の構成を示す断面図であり、図2は液晶表示装置1におけるガラス基板2の平面図である。本実施例の液晶表示装置1は、単純マトリクス方式である。液晶表示装置1は、一对の透明なガラス基板2、3を備え、ガラス基板2上には合成樹脂材料からなる大突起4および小突起5がそれぞれ多数形成されている。大突起4および小突起5の底部直径D1、D2は、それぞれ例えば  $5 \mu\text{m}$  と  $3 \mu\text{m}$  に設定されている。また、これらの間隔D3は少なくとも  $2 \mu\text{m}$  以上に設定されている。

【0045】上記突起4、5を被覆し、これら突起4、5の間の凹所を埋めて平滑化膜6が形成されている。平滑化膜6の表面は、突起4、5の影響を受けて、滑らかな曲面状に形成される。平滑化膜6上には、アルミニウム、ニッケル、クロム、銀などの金属材料からなる反射金属膜7（対向電極）7が形成される。この反射金属膜7は、図2の左右方向に長手の帯状に、複数列にわたって形成される。これらの突起4、5、平滑化膜6および反射金属膜7から反射板8が構成される。上記反射金属膜7上には、配向膜9が形成されている。

【0046】上記ガラス基板2と対向するガラス基板3

の表面には、反射金属膜7の長手方向と直交する方向に長手の帯状であって、ITO (Indium Tin Oxide) 等からなる透明電極10が複数列にわかつて形成されている。上記反射金属膜7と透明電極10とからマトリックス電極構造が構成される。透明電極10が形成されたガラス基板3を被覆して配向膜11が形成されている。

【0047】上記相互に対向するガラス基板2、3の周縁部は、シール材12で封止されている。配向膜9、11間の液晶層13には、誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が正である液晶材料、例えば、メルク社製、商品名ZL12973を使用する。

【0048】上記ガラス基板3の液晶層13と反対側には、ポリカーボネイト製の延伸フィルム（光学異方性 $\Delta n_2$ 、厚さ $d_2$ ）からなる光学位相補償板14が設けられている。さらにその上には、例えば単体透過率4.8%の偏光板15が配置されている。

【0049】上記反射金属膜7および透明電極10には、それぞれ走査回路16およびデータ回路17の一方が接続されている。走査回路16およびデータ回路17は、マイクロプロセッサ等の制御回路18により制御されて、表示内容に対応する表示データに基づいて反射金属膜7および透明電極10を走査しており、電圧発生回路19からの表示電圧V1または表示電圧V2を印加して表示を実現する構成となっている。図4は、液晶層13、光学位相補償板14および偏光板の光学的構成を示す図である。光学位相補償板14の選択軸（ $\alpha$ ）と液晶層13の液晶分子のダイレクタ（ $\beta$ ）とは直交しており、液晶層13の液晶分子のダイレクタ（ $\beta$ ）と偏光板15の吸収軸あるいは透過軸（ $\gamma$ ）とのなす角度 $\varphi$ は、例えば $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲に設定される。

【0050】次に、上記のような反射型液晶表示装置1の作成方法について、説明する。

【0051】図3（1）～（5）は、反射板の製造工程を示す図である。まず、図3（1）に示すように、ガラス基板2の一方の面に感光性樹脂膜21を形成する。本実施例では、ガラス基板2として厚さt1が1.1mmのもの（例えばコーンギー社製、商品名7059）を用いた。また、上記感光性樹脂膜21は、感光性樹脂材料（例えば東京応化社製、商品名OFP-R-800）を、500r.p.m～3000r.p.mでスピンドルにて回転させることにより得ることができる。本実施例では、2500r.p.mで30秒スピンドルにて回転させることにより、厚さt2が1.5μmの感光性樹脂膜2を形成した。

【0052】次に、感光性樹脂膜21が形成されたガラス基板2を $90^\circ\text{C}$ で30分間焼成し、図3（2）に示すような大小2種類の円形パターンが多数形成されたフォトマスク22を配置して露光する。そして、例えば東京応化社製、商品名NMD-3の2.38%溶液からなる現像液を用いて現像を行い、図3（3）に示すような、

表面に微細な高さの異なる大突起23および小突起24を形成する。このように高さの異なる2種類以上の突起を形成する理由は、突起の頂上と谷とで反射される光の干渉により反射光に着色が生じるのを防ぐためである。【0053】上記フォトマスク22は、これを用いて形成される大突起4および小突起4に対応して、図2に示したような直徑D1（例えば5μm）、D2（例えば3μm）の円がランダムに配置されたもので、その間隔D3は少なくとも2μm以上離れた構成のものを用いることができる。尚、フォトマスク22のマスクパターンはこれに限定されるものではなく、所望の大突起4および小突起4のパターンにより、種々のものを用いることができる。

【0054】統一して、図3（3）に示したような、大突起23および小突起24が形成されたガラス基板2に、 $200^\circ\text{C}$ で1時間加熱処理を行って、図3（4）に示すように、上記突起23、24の角を丸くする。さらに、図3（5）に示すように、上記突起23、24が形成されたガラス基板2上に、例えば東京応化社製、商品名OFP-R-800を1000r.p.m～3000r.p.mでスピンドルにて回転させることにより、高分子樹脂膜6を形成する。本実施例では、2000r.p.mでスピンドルを行った。これにより、突起23、24の間の部分の凹所が埋められ、なめらかな曲線状の表面を有する高分子樹脂膜（平滑化膜）6を形成することができる。本実施例では、高分子樹脂膜6として上記感光性樹脂材料と同じ種類の樹脂を塗布したが、異なる種類のものでもよい。尚、この場合の平滑化膜6の表面段差は0.7μmであった。

【0055】さらに、図3（5）に示すように、上記平滑化膜6の上に、アルミニウム、ニッケル、クロム、銀などの金属薄膜を膜厚t3（例えば0.01～1.0μm程度）に形成する。本実施例では、アルミニウムをスピンドルにて回転させることにより反射金属膜7を形成した。以上の工程により反射板8が完成する。このようにして形成される反射板8と、透明電極10が形成されたガラス基板3上にポリイミド樹脂膜を形成し、 $200^\circ\text{C}$ で1時間焼成する。その後、液晶分子20を配向させるためのラビング処理を行って、配向膜9、11を形成する。上記配向膜9が形成された反射板8と、上記透明電極10および配向膜11が形成されたガラス基板3とを組み合わせる際には、液晶分子20の配向が平行配向となるよう対向させる。また、液晶層13の層厚を規制するために、5μmのスペーサーを散布して貼り合わせを行う。2枚のガラス基板2、3の間に、6μmのスペーサーを混入した接着性シール剤をスクリーン印刷することによって、液晶封止層（図示せず）を形成する。液晶層13は、上記液晶封止層を形成した後、真空脱気することにより封入される。

【0056】次に、本実施例の液晶表示装置1の動作に

について、図5を参照しながら説明する。尚、この図においては、説明の便宜のため液晶表示装置1を分解して示してある。図5(1)に示す遮光動作時には、光学補償板14と液晶層13との各リターデーション $\Delta n_{2d2}$ 、 $\Delta n_{1d1}$ は、上記1式を満足するように選ばれる。このとき、入射光28は偏光板15を通してすることにより、偏光板15の吸収軸または透過軸方向L1と平行な直線偏光29となる。直線偏光29は、上記1式を満足する光学補償板14および液晶層13を通過して、例えば右回りの円偏光30となる。この円偏光30は、反射板8で反射されて、左回りの円偏光31となる。この円偏光31は、上記3式を満足するリターデーションをそれぞれ有する液晶層13および光学補償板14を通過すると、上記入射時の直線偏光29の方向と直交する方向の偏光面を有する直線偏光32となる。この直線偏光32は、偏光板15によって遮光される。すなわち、反射板8からの反射光は遮光される。これに対し、液晶層13を通過して右回りの円偏光となる場合には、この円偏光は反射板8で反射されて左回りの円偏光となる。

【0057】一方、図5(2)に示す光透過動作時には、光学補償板14と液晶層13との各リターデーション $\Delta n_{2d2}$ 、 $\Delta n_{1d1}$ は、上記2式を満足するように選ばれる。このとき、入射光28は偏光板15を通過することにより、上記軸方向L1と平行な直線偏光29となる。この直線偏光29は、上記2式を満足するように定められる光学補償板14と液晶層13とを通過しても、通過前と同様な偏光状態を保持する。液晶層3を通過した直線偏光29は、反射板8で反射しても同様な直線偏光状態を保持し、液晶層13および光学補償板14を通過した後でも、同様である。よって、この反射光は偏光板15を通過して出射する。

【0058】本実施例で使用した液晶の屈折率異方性 $\Delta n_1$ は0.1626であり、セル厚dは5.0μmであるから、この液晶層13のリターデーション $\Delta n_{1d1}$ は813nmとなる。

【0059】上記液晶層13の液晶分子のダイレクタと光学位相補償板14の選択軸は直交させ、偏光板15の吸収軸あるいは透過軸と液晶分子のダイレクタとのなす角 $\varphi$ は15°、30°、45°、60°、75°とした。波長λが550nmの時に( $\Delta n_{1d1}-\Delta n_{2d2}$ )/ $\lambda$ =0.25になるように光学位相補償板14のリターデーション $\Delta n_{2d2}$ を選定し、 $\varphi=15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ の場合について電圧-反射率特性を測定したところ、図6のようなグラフが得られた。即ち、 $\varphi=15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ における特性は、それぞれ図6の(a)、(b)、(c)と対応する。尚、 $\varphi=60^\circ$ 、 $75^\circ$ のときの特性はそれぞれ $\varphi=30^\circ$ の特性(b)、 $\varphi=15^\circ$ の特性(c)とほぼ同じであった。

【0060】電圧を印加した場合、ある角度( $\varphi=30^\circ$ )

から入射した光に対するバネル法線方向の反射率は約4.5%で、最大コントラスト比は $\varphi=45^\circ$ のときで6であった。リニアレンズにはMgOの標準白色板を用いた。尚、このグラフで反射率が小さくなるのは、 $(\Delta n_{1d1}-\Delta n_{2d2})/\lambda$ の値が0.25の時であり、反射率が最大の所は $(\Delta n_{1d1}-\Delta n_{2d2})/\lambda$ の値が0の時である。これら2つの状態を用いることにより、モノクロ(白黒)の表示を行うことができる。設置角度については、 $\varphi=45^\circ$ の時に最大のコントラスト比を得ることができ、 $\varphi=45^\circ$ からずれて行くに従ってコントラスト比が低下する。しかし、 $\varphi=30^\circ$ ～ $60^\circ$ の範囲では実用的に問題はない。

【0061】本実施例では、上記4式のmおよび5式のm'の値が0の場合について示したが、mおよび/またはm'が1以上の場合においても表示は可能である。しかし、mおよびm'が1以上の場合、光透過状態の反射率が低下し、逆に遮光状態の反射率は上昇することになってコントラスト比が低下するので、m=m'=0のときを利用するのが望ましい。また、上記遮光状態および光透過状態は、上記4式、5式の条件を満足することに限らず、遮光状態は上記1式を、光透過状態は上記2式を満足する範囲であれば実用的に問題がない。

【0062】本実施例の反射型液晶表示装置では、反射板8の反射電極形成面が液晶層側に配置されているので、視差がなく、良好な表示画面が得られる。

【0063】(実施例2)この実施例では、上記実施例1の液晶表示装置において、 $\varphi=45^\circ$ とし、 $(\Delta n_{1d1}-\Delta n_{2d2})/\lambda=0.25$ の遮光状態を用い、光学位相補償板14として液晶セルの波長分散よりも大きい波長分散を持つものを用いた。このことにより、上記4式を400～700nmの範囲にあるほぼ全ての波長で満足させることができる。これは、図7(a)に示すように、電圧V1(V1≥0)印加時に遮光状態である、電圧V2(V2>V1)印加時に光透過状態である場合、光学位相補償板の波長分散の大きさ( $\Delta n \lambda$ )F=( $\Delta n_{400}-\Delta n_{700}$ )/ $\Delta n_{550}$ と、液晶セルの波長分散の大きさ( $\Delta n \lambda$ )Lc=( $\Delta n_{400}-\Delta n_{700}$ )/ $\Delta n_{550}$ とを、遮光状態で $\Delta n_{1d1}>\Delta n_{2d2}$ の時(図7(b)、(c))に( $\Delta n \lambda$ )F>( $\Delta n \lambda$ )Lcを満足するように設定し(図8(b))、また、遮光状態で $\Delta n_{1d1}<\Delta n_{2d2}$ の時(図8(a))に( $\Delta n \lambda$ )F<( $\Delta n \lambda$ )Lcを満足するように設定することにより(図8(c))、液晶層と光学位相補償板とのリターデーションが、より広範囲の波長領域で上記4式を満たすことができる(図8(d))ことによる。

【0064】一方、電圧V1(V1≥0)印加時に光透過状態であり、電圧V2(V2>V1)印加時に遮光状態である場合には、同様な理由から、上記光学位相補償板の波長分散の大きさ( $\Delta n \lambda$ )Fと、液晶セルの波長分散の大きさ( $\Delta n \lambda$ )Lcとを、遮光状態で $\Delta n_{1d1}>\Delta n_{2d2}$

$d_2$ の時に  $(\Delta n \lambda)_{F} > (\Delta n \lambda)_{LC}$  を満足するように設定し、また遮光状態で  $\Delta n d_1 < \Delta n d_2$  の時 ( $\Delta n \lambda)_{F} < (\Delta n \lambda)_{LC}$ ) を満足するように設定することにより、より広範囲の波長領域で上記4式を満たすことができる。

【0065】図9に、このような光学位相補償板を用いた場合の各波長における  $|\Delta n d_1 - \Delta n d_2| / \lambda$  の値を測定した結果を示す。この図において、①は本発明の反射型液晶表示装置に用いられる光学位相補償板を用いた場合を示し、②は従来の反射型液晶表示装置に用いられる光学位相補償板を用いた場合を示す。図9から明らかのように、本発明による光学位相補償板を用いた場合には、400～700nmのほぼ全ての波長で上記4式を満足することができる。

【0066】図10に、上記液晶層の波長分散よりも大きい波長分散を持つ光学位相補償板を用いた場合の電圧-反射率特性Aと、液晶層の波長分散よりも小さい波長分散を持つ従来の光学位相補償板を用いた場合の電圧-反射率特性Bを示す。この場合の測定方法は、上記実施例1と同様にして行った。図10から明らかなように、光学位相補償板として液晶層の波長分散よりも大きい波長分散を持つものを用いた場合、遮光状態の条件をより広範囲の波長領域で満足することができる。また、遮光状態の反射率を低下させて、コントラスト比を8とし、視差のない良好な表示特性を示すことができる。

【0067】以上より理解されるように、遮光状態でのリターデーションが小さい方の波長分散を他方の波長分散により大きくすると、遮光状態をより広範囲の波長領域で実現させることができ、表示特性の向上を図ることができる。

【0068】(実施例3) この実施例では、液晶層13に、 $\Delta n 0, 0.512$ であるメルク社製の液晶材料ZL1-2359を用いた。

【0069】この実施例の反射型液晶表示装置において、実施例1と同様に、液晶層13の液晶分子のダイレクタと光学位相補償板14の透光軸は直交せず、偏光板15の吸収軸あるいは透過軸と液晶分子のダイレクタとのなす角 $\varphi = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ とした。波長 $\lambda$ が550nmの時に  $(\Delta n d_1 - \Delta n d_2) / \lambda = 0, 2.5$  になるように光学位相補償板14のリターデーション  $\Delta n d_2$  を選定し、 $\varphi = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$  の場合について電圧-反射率特性を測定したところ、実施例1と同様な結果が得られた。電圧を印加した場合、ある角度 ( $\varphi = 30^\circ$ ) から入射した光に対するパネル法線方向の反射率は約45%で、最大コントラスト比は  $\varphi = 45^\circ$  のときで6であった。反射率が小さくなるのは、 $(\Delta n d_1 - \Delta n d_2) / \lambda$  の値が±0.25の時であり、反射率が最大の所は  $(\Delta n d_1 - \Delta n d_2) / \lambda$  の値が0の時である。これら2つの状態を用いることにより、モノクロ

(白黒) の表示を行うことができる。設置角度については、 $\varphi = 45^\circ$  の時に最大のコントラスト比を得ることができ、 $\varphi = 45^\circ$  から離れて行くに従ってコントラスト比が低下する。しかし、 $\varphi = 30^\circ \sim 60^\circ$  の範囲では実用的に問題はない。

【0070】上記液晶層13のセル厚dを変化させることにより液晶層13のリターデーション  $\Delta n d_1$  を150、200、250、500、750とし、各々の場合について電圧-反射特性を測定した結果を図11に示す。この図11から理解されるように、液晶層13のリターデーションの値が200nm以下の時には、液晶表示装置のコントラストの視角依存性が大きくなるので、良好な表示が得られない。また、液晶層13のリターデーションの値が750nm以上の時には、液晶表示装置の駆動電圧が大きくなる。従って、液晶層13のリターデーション  $\Delta n d_1$  を、200nm  $< \Delta n d_1 < 750$  nmの範囲である時に、コントラストの視角依存性が小さく、駆動電圧が低い反射型液晶表示装置が得られる。

【0071】この実施例において、液晶層13に、 $\Delta n 0, 1.297$ であるメルク社製の液晶材料ZL1-1565を用い、上記と同様に液晶層13のセル厚dを変化させることにより液晶層13のリターデーション  $\Delta n d_1$  を変化させたところ、上記ZL1-2359を用いた時と同様な結果が得られた。

【0072】本実施例では、上記4式のmおよび5式のm'の値が0の場合について示したが、mおよび/またはm'が1以上の場合においても表示は可能である。しかし、mおよび/またはm'が1以上の場合、光透過状態の反射率が低下し、逆に遮光状態の反射率は上昇することによってコントラスト比が低下するので、m=m'=0のときを利用するのが望ましい。

【0073】(実施例4) この実施例では、上記実施例3の液晶表示装置において、 $\varphi = 45^\circ$  とし、 $(\Delta n d_1 - \Delta n d_2) / \lambda = 0, 2.5$  の遮光状態を用い、光学位相補償板14として液晶セルの波長分散よりも大きい波長分散を持つものを用いた。実施例2と同様に、遮光状態でのリターデーションが小さい方の波長分散を他方の波長分散により大きくすることにより、図9に示すような  $\Delta n d / \lambda$  特性が得られ、上記4式を400～700nmの範囲にあるほぼ全ての波長で満足させることができる。また、光学位相補償板14が液晶セルの波長分散よりも大きい波長分散を用いることにより、実施例2と同様に、電圧-反射特性は図10に示すようなものとなり、遮光状態の条件をより広範囲の波長領域で満足することができる。また、遮光状態の反射率を低下させて、コントラスト比を大きくし、視差のない良好な表示特性を示すことができる。

【0074】本発明は以上説明した実施例に限定されるものではなく、広く反射型の光制御装置に応用が可能である。

【0075】上記実施例1～4では、光学位相補償板としてポリカーボネイト性の延伸フィルムを用いたが、これに限定されるものではなく、PVA（ポリビニルアルコール）、PMMA（ポリメチルメタアクリレート）等の延伸フィルムを使用してもよい。また、一对のガラス基板の表面に配向膜をそれぞれ形成し、各配向膜間に液晶層を封入して平行配向させた液晶セルを光学位相補償板として使用してもよい。

【0076】また、本発明者らは、アクティブマトリックス駆動方式の液晶表示装置の場合には、上記反射電極を薄膜トランジスタやMIM等の非線形素子に接続される各絵素電極として用いることができるることを確認している。

【0077】電気光学特性の急峻性を増すためには、上記液晶層13のリターデーション場所によらず一定にする方がよいが、厳密には反射板8に段差が存在するとの段差の上と下でセル厚が異なる。その結果、リターデーション値も異なる。これを解消するために、反射板8の上にアクリル樹脂からなる平坦化層を設け、さらにその上にITO透明電極を形成して絵素電極とすると、段差を0.1μm程度にすることができる。このようにすると、電気光学特性の急峻性を格段に向上させることができることを確認した。上記平坦化層としては、無機材料、有機材料を問わず、平坦化能力のある透明な樹脂膜であればよい。これにより、走査線100本以上の単純マルチプレックス駆動が可能となる。

【0078】さらに、上記実施例1～4では、基板2、3としてガラス基板を用いたが、シリコン基板のような不透明基板を用いた場合でも同様な効果を得ることができる。このようなシリコン基板を上記ガラス基板2として用いた場合には、上記走査回路16、データ回路17、制御回路18および電圧発生回路19などの回路素子を、シリコン基板上に集積化して形成できる。

【0079】液晶層13としては平行配向のものを用いたが、これに限定されるものではなく、電界によりリターデーションを制御できるものであれば、どのような配向の液晶層でも適用可能である。また、光学位相補償板14として用いられる液晶セルについても、リターデーションを最適に設定できる液晶層であれば、いずれも適用可能である。

【0080】また、ガラス基板3上または透明電極10上にカラーフィルター層を形成することにより、マルチカラー、フルカラー表示の液晶表示装置することも可能である。

【0081】

【発明の効果】以上のお説明から明らかなように、本発明によれば、反射板の反射膜形成面を液晶層側に設置する

ことができる。また、 $\varphi = 30^\circ \sim 60^\circ$  とすることにより効率よく遮光を行うことができる。遮光状態において、液晶層と光学位相補償板の波長分散を調節することにより、従来の光学位相補償板に比べて、格段に広い範囲の波長領域で遮光状態の条件を満たすことができる。よって、視差のない、高コントラストの高精細で表示品位の高い反射型液晶表示装置を実現することができる。さらに、液晶層のリターデーション値を調節することにより、コントラストの視角依存性が小さく、駆動電圧が低い反射型液晶表示装置とすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である反射型液晶表示装置1の断面図である。

【図2】本発明に係る反射板8のフォトマスクパターンを示す図である。

【図3】本発明に係る反射板8の製造工程を示す図である。

【図4】本発明の反射型液晶表示装置の光学的特性を説明するための図である。

【図5】本発明の反射型液晶表示装置の表示動作原理を説明するための図である。

【図6】実施例1の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存特性を示す図である。

【図7】実施例2の反射型液晶表示装置の動作原理を説明するための図である。

【図8】実施例2の反射型液晶表示装置の動作原理を説明するための図である。

【図9】本発明に係る光学位相補償板を用いた場合と、従来の光学位相補償板を用いた場合の $\Delta n d / \lambda$ の特性を示す図である。

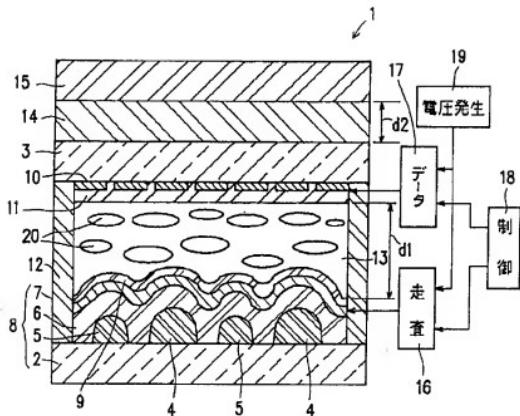
【図10】実施例2の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存特性を示す図である。

【図11】実施例3の反射型液晶表示装置の反射率の電圧依存特性を示す図である。

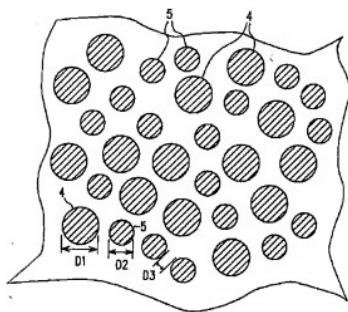
#### 【符号の説明】

- 1 液晶表示装置
- 2、3 ガラス基板
- 4、5 突起
- 6 平滑化膜
- 7 反射金属膜
- 8 反射板
- 9、11 配向膜
- 10 透明電極
- 12 シール材
- 13 液晶層
- 14 光学位相補償板
- 15 偏光板

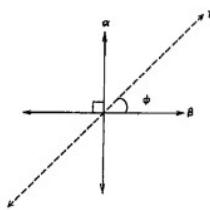
【図1】



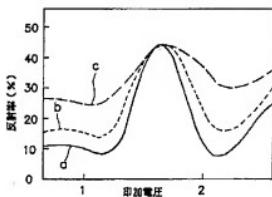
【図2】



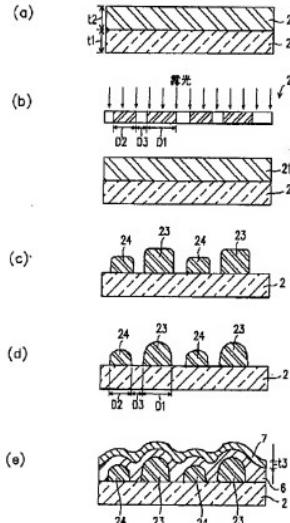
【図4】



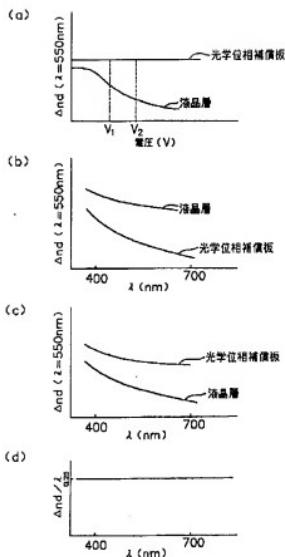
【図6】



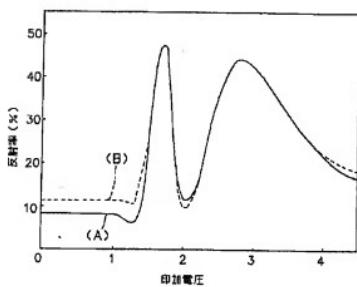
【図3】



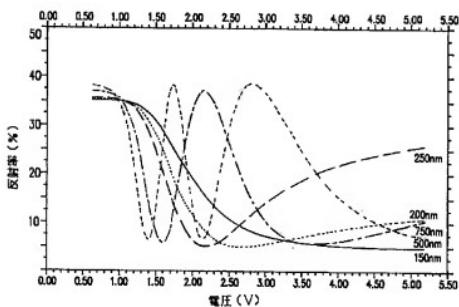
【図8】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 岡田 正子  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内